1970
Verlag Schnelle, Eberhard und Wolfgang Schnelle GmbH, Quickborn

*Druck und Einband: Maurischat & Bevensee, Quickborn
Printed in Germany*

GRUNDLAGENSTUDIEN
AUS
KYBERNETIK
UND GEISTESWISSENSCHAFT

BAND 11 · HEFT 3 · SEPTEMBER 1970 · KURZTITEL GrKG 11/3

INHALT

VERLAG SCHNELLE QUICKBORN

Neuerdings vollzieht sich eine immer stärker werdende Annäherung zwischen Natur- und Geisteswissenschaft als Auswirkung methodologischer Bestrebungen, für die sich das Wort Kybernetik eingebürgert hat. Die Einführung statistischer und speziell informationstheoretischer Begriffe in die Ästhetik, die invariantentheoretische Behandlung des Gestaltbegriffs und die Tendenzen, zwischen der Informationsverarbeitung in Maschine und Nervensystem Isomorphismen nachzuweisen, sind nur drei Symptome dafür.
Die Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft sollen der raschen Publikation neuer Resultate dienen, welche diese Entwicklung zu fördern geeignet sind. Veröffentlicht werden vor allem grundlegende Ergebnisse, sowohl mathematischer, psychologischer, physiologischer und in Einzelfällen physikalischer als auch philosophischer und geisteswissenschaftlicher Art. Nur in Ausnahmefällen werden dagegen Beiträge über komplexere Fragen der Nachrichtentechnik, über Schaltungen von sehr spezieller Bedeutung, über Kunst und literaturgeschichtliche Probleme etc. angenommen. In geringer Zahl werden Buchbesprechungen veröffentlicht.

Erscheinungsweise: Viermal im Jahr mit je 32 bis 48 Seiten.
Beiheft: Im Jahr erscheint für Abonnenten ein Beiheft.
Preis: DM 4,80 je Heft und Beiheft.
Im Abonnement Zustellung und Jahreseinbanddeckel kostenlos. Bezug durch Buchhandel oder Verlag.
Manuskriptsendungen: an Schriftleitung gemäß unserer Richtlinien auf der dritten Umschlagseite.

Schriftleiter

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
1 Berlin 46, Malteserstr. 74/100

Geschäftsführende Schriftleiterin

Brigitte Frank-Böhringer
1 Berlin 33
Altensteinstr. 39

Les sciences naturelles et les sciences humaines se rapprochent de plus en plus; ce rapprochement est une conséquence des tendances métodologiques appelées cybernetique. L'introduction en esthétique de termes statistiques et surtout de termes de la théorie de l'information, le fait de considérer mathématiquement la notion de Gestalt comme une invariante, et les tendances à chercher des isomorphismes entre la transformation de l'information par les machines et par le système nerveux sont seulement trois exemples du dit rapprochement.
Les «Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft» ont pour but de publier rapidement des résultats nouveaux capables de contribuer à ce dévéloppement. Surtout des résultats fondamentaux (soit de caractère mathématique, psychologique, physiologique et quelquefois physique — soit de caractère philosophique ou appartenant aux sciences humaines) sont publiés. Par contre des travaux concernant soit des questions assez complexes de la théorie de communication et télécommunication, soit des reseaux éléctriques ayant des buts trop spéciaux, soit des problèmes de l'histoire de l'art et de la litérature etc. ne sont acceptés qu'exceptionnellement aussi que les comptes rendus de nouveaux livres.

Il paraissent 4 numéros de 32 à 48 pages par an et un numéro spécial, pour les abonnés. Prix: DM 4.80 le numéro (et le numéro spezial) L'envoi et la couverture du tome complèt (à la fin de chaque année) est gratis pour les abonnés.
Les G KG sont vendus en librairie ou envoyés par les Editeurs Schnelle
Les manuscrits doivent être envoyés au rédacteur en chef. Quant à la forme voir les remarques à la page 3 de cette couverture.

Rédacteur en chef

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
1 Berlin 46, Malteserstr. 74/100

Rédacteur gérant

Brigitte Frank-Böhringer
1 Berlin 33
Altensteinstr. 39

Natural and cultural sciences are in train to come together closer and closer as a consequence of methodologica- tendencies called cybernetics. The introduction of terms of statistics and specially of information theory into the terminology of esthetics, the interpretation of 'Gestalten' as mathematical invariants, and the search for isomorphisms by comparing information handling in computers and the brain are only three symptoms of the process mentioned above.
The Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft would like to cultivate this tendencies by rapid publication of new results related to cybernetics, especially results of basic interest, no matter whether belonging to the field of mathematics, psychology, physiology and sometimes even of physics, or rather to the fields of philosophy and cultural sciences. But papers which concern complex technical problems of transmission and processing of information, or electrical networks with very limited purpose, or the history of art and literature, are accepted only exceptionally. There will also be few recensions of books.

G KG are published in 4 numbers each year, with 32–48 pages per number. A special number is edited each year for the subscribers.
Price: DM 4.80 per number (and spezical number) Mailing and cover of the volume (to be delivered together with the last number each year) is free for subscribers. The G KG may be received by booksellers or directly by the publisher.

Papers should be sent to the editors. For the form of manuscript see page 3 of this cover.

Editor

Prof. Dr. Helmar Frank
Institut für Kybernetik
1 Berlin 46, Malteserstr. 74/100

Managing Editor

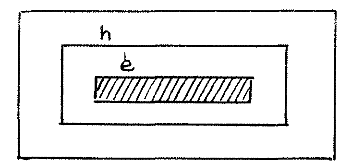
Brigitte Frank-Böhringer
1 Berlin 33
Altensteinstr. 39

ZUM STREIT CARNAP-POPPER

von Engelbert Kronthaler, Berlin

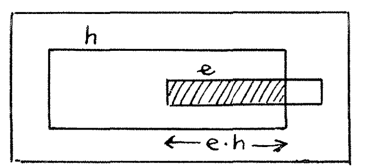
Führt die radikale Forderung der empirischen Verifizierbarkeit in letzter Konsequenz auf die Ablehnung von Allaussagen (und damit der wichtigsten Teile der naturwissenschaftlichen Erkenntnis), so ergibt Poppers Abrenzungskriterium (vgl. Popper, 1966), das nur falsifizierbare Aussagen als empirisch sinnvoll anerkennt, den Ausschluß aller reinen Existenzaussagen (und damit ebenfalls eines großen Teils empirischer Erkenntnis). Dies weist darauf hin, daß es absolutes, endgültig gesichertes empirisches Wissen nicht geben kann.

Nach Carnap (vgl. Carnap und Stegmüller, 1958) wird eine Theorie um so besser bestätigt, je höher ihre logische Wahrscheinlichkeit ist. Carnap entwickelt dazu seine quantitative induktive Logik als Explikat des Wahrscheinlichkeitsbegriffs W_1, der logischen Wahrscheinlichkeit. Hierin hat eine Aussage die Form $c(h, e) = r$, wo c, der Grad der Bestätigung einer Hypothese h auf Grund einer empirischen Prämisse e, durch eine reelle Zahl r aus dem Intervall $[0, 1]$ quantifiziert wird. Einer der Carnapschen Zentralbegriffe ist derjenige des logischen Spielraums $\mathfrak{R}_i$ eines Satzes i der verwendeten Logiksprache $\mathfrak{L}_N^\pi$, wobei π die Anzahl der Grundprädikate und N die Anzahl der Individuen sind. "Während sich die deduktive Logik mit dem vollkommenen Einschluß der L-Spielräume beschäftigt, hat es die induktive Logik mit partiellem Einschluß zu tun" (Carnap und Stegmüller, 1958, S. 156); veranschaulicht:



A) Deduktive Logik:
e L-impliziert h, d.h.

$$\mathfrak{R}_e \subset \mathfrak{R}_h$$



B) Induktive Logik:
$c(h,e) = 3/4$ etwa bedeutet, daß 3/4 von $\mathfrak{R}_e$ in $\mathfrak{R}_h$ enthalten sind

Indes scheint dieses Bild insofern nicht ganz sinnvoll zu sein, als es die Tatsache verschleiert, daß es sich bei Carnaps Theorie um eine nur s c h e i n b a r induktive, tatsächlich aber deduktive Theorie handelt; Carnap betont ja selbst wiederholt, daß es sich bei c um eine rein analytische Beziehung zwischen h und e handle. So sollte z. B. in dem Falle, daß h eine Theorie darstellt und e die diese Theorie stützenden empirischen Daten, h wenigstens e erklären. Es sollte also

gelten: h → e, mithin $\mathcal{R}_h \subset \mathcal{R}_e$ entsprechend Bild A), wobei allerdings h und e miteinander vertauscht wären.

Nun zeigte Popper (1966, S. 214 ff.), daß der Bestätigungsgrad nicht der Wahrscheinlichkeit gleichzusetzen ist. Es komme, so sagt er, nicht auf hohe Wahrscheinlichkeit, sondern auf einen starken Gehalt, einen hohen Grad der Prüfbarkeit und das heißt der Falsifizierbarkeit einer Theorie an. Hypothesen mit hoher logischer Wahrscheinlichkeit sind aber gehaltsarm und schwer zu falsifizieren. Ist die Wahrscheinlichkeit das Kriterium für die Bewährung von Hypothesen, so führt das zur Auswahl der gehaltsleersten, der ad-hoc-Hypothese, deren Gehalt nicht über den Gehalt der Daten hinausgeht. [Anstelle der c-Funktion wäre also besser die Bar-Hillel-Carnapsche (1953) inf- oder cont-Funktion zu nehmen. Vgl. Hintikka, 1966.] Informationstheoretisch ausgedrückt: es seien Theorien mit hohem Informationsgehalt zu bevorzugen, und dieser Informationsgehalt ist um so größer, je kleiner die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten der vorausgesagten Ereignisse vor Empfang der dazugehörigen voraussagenden Nachricht ist.

Vetter (1965, S. 61 ff.) zeigte, daß z.B. die Statistik Möglichkeiten bietet, diesem Dilemma, daß eine Hypothese entweder arm an logischem Gehalt oder unwahrscheinlich ist, zu entgehen, da hier oft einer wesentlichen Abschwächung des Gehalts einer Aussage nur eine minimale Erhöhung ihrer Wahrscheinlichkeit entspricht und schon mit einer logisch starken Aussage ein sehr hoher Wahrscheinlichkeitsgrad erreicht werden kann, so daß es sich kaum "lohnt", die Hypothese um einer geringen Erhöhung ihrer Wahrscheinlichkeit willen stark abzuschwächen. Ferner wird hier - da mit festen Irrtumswahrscheinlichkeiten gearbeitet wird - bei der Auswahl nicht die Hypothese mit der höheren Wahrscheinlichkeit bevorzugt.

Dem Dilemma der Prämiierung von Nullaussagen entgeht selbst Popper (1966, S. 352, 356) mit seinen eigens dazu eingeführten Bestätigungsfunktion C_1, C_2, C_3 nicht (vgl. Vetter, 1965, S. 78 ff.). Obwohl diese drei Funktionen die 10 von Popper für Bestätigungsfunktionen aufgestellten Desiderata erfüllen, gelten folgende bedenkliche Zusammenhänge: Sind Daten gegeben, so wird diejenige Hypothese am höchsten prämiiert, die den Daten logisch äquivalent ist, also die ad-hoc-Hypothese. Ist die Hypothese gegeben, so geben ihr solche Daten den höchsten Bestätigungsgrad, aus denen sie logisch folgt. Vetter schließt hieraus, daß die Popperschen Adäquatheitsbedingungen für Bestätigungsfunktionen nicht ausreichend sind.

Weiter zeigt Vetter, daß der höchstmögliche Bestätigungsgrad einer Aussage von ihrem logischen Gehalt abhängt und auch der Bestätigungsgrad einer Aussage auf Grund ihrer selbst immer kleiner 1 ist. Daraus ergibt sich, daß Popper mit C nicht

nur die Sicherheit mißt, die eine Aussage auf Grund von Daten erhält, sondern auch den logischen Gehalt. (Vgl. Vetter, 1965, S. 87: "Man sollte überlegen, ob diese beiden Aspekte nicht besser durch 2 getrennte Maße erfaßt werden sollten.")

Eine grundlegende Schwierigkeit ist hierbei noch, daß Popper nicht angibt, wie die in den C-Funktionen auftretenden Wahrscheinlichkeiten zu bestimmen sind.

Die Untersuchung von Poppers Behauptung, Carnaps Explikat des Bestätigungsgrades sei kontradiktorisch (Popper, 1966, S. 342-345) soll des weiteren zur Klärung des Streites beitragen.

Popper führt C (x,y) als "Grad der Bewährung der Theorie x durch die Tatsachenfeststellung y" ein und diskutiert die Frage, ob C (x,y) mit der bedingten Wahrscheinlichkeit P (x,y) gleichgesetzt werden könne. Da sich für ihn widersprüchliche Aussagen der Gestalt

$$\text{"}C(x,y) > C(z,y) \quad \text{und} \quad P(x,y) > P(z,y)\text{"}$$

angeben lassen, verneint er jene Gleichsetzung (1966, S. 342 und 345 f.). Diese führt aber nur dann zu einem Widerspruch, wenn für "Bestätigungsgrad" der Poppersche Begriff (Relevanz, Unterstützung bzw. Unterminierung, Änderung der Wahrscheinlichkeit) genommen, aber *trotzdem* als bedingte Wahrscheinlichkeit expliziert wird, was Carnap nicht tut. Dieser versteht unter Bestätigung etwas anderes, eben das, was durch die bedingte Wahrscheinlichkeit expliziert wird.

Dennoch ist Poppers Kritik nicht ganz unbegründet. Carnap vermischt nämlich klassifikatorische und quantitative Begriffe, die nach seinen eigenen Worten "did not fit together" (vgl. Vetter, 1965, S. 74 ff.). Er "entmischt" sie später dadurch, daß er ein Begriffspaar einführt: die *Relevanz* (Änderung der Wahrscheinlichkeit) und den *Bestätigungsgrad* (bedingte Wahrscheinlichkeit).

In einem etwas anderen Zusammenhang hat J. Hintikka (1966) durch Deutung der Information als Nutzen bei der Hypothesenauswahl auf die Notwendigkeit einer getrennten Betrachtung der vorgenannten Begriffe Bestätigungsgrad, Aposteriori-Wahrscheinlichkeit, bedingte Wahrscheinlichkeit und Apriori-Wahrscheinlichkeit, Relevanz, Änderung der Wahrscheinlichkeit, Unterstützung bzw. Unterminierung hingewiesen und so weitere Klarheit im Carnap-Popper-Streit geschaffen.

Sowohl die Deutung der Information als Nutzen, als auch die Notwendigkeit obiger Begriffsunterscheidung ergeben sich auch anders:

Ausgangspunkt sei D. Bernoullis Gesetz des Grenznutzens (vgl. Carnap und Stegmüller, 1958, S. 125), wonach der Nutzen, hier als Geldgewinn gedeutet,

a) proportional dem Gewinn, d.h. dem Vermögenszuwachs df
b) umgekehrt proportional dem Anfangsvermögen f ist; also

$$dN = \frac{k\,df}{f}, \text{ woraus folgt:}$$

$$N = k \ln f = (k/\log e) \log f.$$

(Man beachte die Ähnlichkeit mit dem Weber-Fechner-Gesetz.)

Ein Vergleich mit der Formel für den Einzelinformationsgehalt, $I = -\log p$, legt sofort die Interpretation des Nutzens als Information nahe, wobei f der Wahrscheinlichkeit p entspräche. Wegen $p < 1$ müßte $k < 0$ sein, um negative Informationswerte zu vermeiden (z.B. $k = -\log e$). Dadurch ergeben sich obige problematische Beziehungen ganz zwanglos: Je kleiner die Wahrscheinlichkeit, desto größer die Information; je größer die Änderung der Wahrscheinlichkeit, desto größer die Information.

Es soll nun noch die Kontroverse Carnap-Popper auf andere Weise erhellt werden. Hierzu ist zuerst zu beachten, daß Carnap unter Bestätigung Verifikation, Popper dagegen Falsifikation versteht. Die immer wieder betonte Asymmetrie (vgl. z.B. Popper, 1966, S. 15) des Carnapschen Verfahrens der Verifikation und des Popperschen der Falsifikation wird sich dabei als nur s c h e i n b a r erweisen.

Die Verifikation schließt Allsätze, die Falsifikation singuläre Es-gibt-Sätze als nicht empirisch aus, was aber innerhalb der empirischen Wissenschaften tatsächlich nicht befolgt werden kann. Für Popper ergibt sich die Asymmetrie beider Verfahren aus der Tatsache, daß die Falsifikation logisch gültig, die Verifikation aber nie endgültig, also stets nur wahrscheinlich ist (da Theorien Allsätze enthalten). Doch sind Theorien auch nie endgültig falsifizierbar (da sie Es-gibt-Sätze enthalten). Denn die Auswahl ist bezüglich der v e r w o r f e n e n Aussagen, nie aber bezüglich der v e r b l e i b e n d e n sicher. Daher gelten die verbleibenden Aussagen auch nur mit einer gewissen "Wahrscheinlichkeit", eben bis zum nächsten Falsifikationsversuch. Eine Gegenüberstellung zeigt diese Symmetrie:

Verifikation	Falsifikation
Maß der Prüfbarkeit: Verifikationsgrad (≙ Wahrscheinlichkeit)	Maß der Prüfbarkeit: Falsifizierbarkeitsgrad (≙ Unwahrscheinlichkeit)
Carnaps Bestätigungsfunktion ist eine logische Beziehung zwischen Hypothese und Daten; scheinbar induktiv, tatsächlich deduktiv	Poppers Bestätigungsfunktion ist eine logische Beziehung zwischen Theorie und Basissätzen; deduktiv
verifizierbar: Es-gibt-Sätze nicht verifizierbar: Allsätze	falsifizierbar: Allsätze nicht falsifizierbar: Es-gibt-Sätze
Tautologie: Verifikationsklasse: Allklasse	Kontradiktion: Falsifikationsklasse: Allklasse
Kontradiktion: Verifikationsklasse: $\emptyset$	Tautologie: Falsfikationsklasse: $\emptyset$
Bestätigungsgrad steigt, je mehr erlaubt	Bestätigungsgrad steigt, je mehr verboten

Dieses Schema zeigt, daß der Poppersche Bestätigungsgrad dem Carnapschen konvers ist. Zusammen mit oben Gesagtem ergibt sich die Symmetrie beider Verfahren auf der klassifikatorischen Ebene, mithin ihre klassifikatorische Vergleichbarkeit. (Vgl. auch Popper, 1966, S. 41.)

Es sei noch erwähnt, daß die Theorien Poppers und Carnaps im ganzen gesehen, obwohl scheinbar antithetisch, in Wirklichkeit insofern inkommensurabel sind, als einerseits der erkenntnistheoretische Anspruch des Carnapschen Wahrscheinlichkeitskalküls ungerechtfertigt ist, während andererseits Poppers Formalisierung nur ein unangemessener Ausdruck seiner Metakritik am Induktionismus ist. Denn Poppers Formalismus ist mit der präzisen Formalisierung der Carnapschen Theorie überhaupt nicht zu vergleichen. Andererseits sind die wirklich stichhaltigen Argumente Poppers gegen die induktive Logik tatsächlich immer solche der "Meta-Ebene", d.h. Argumente, die das Selbstverständnis der Induktionstheoretiker bzw. die Interpretation der induktiven Logik betreffen. (Vgl. Wellmer, 1967, S. 193.)

Schrifttumsverzeichnis

Bar-Hillel, Y. Carnap, R.	Semantic information. Brit. J. Phil. Sci. 4, 1953, S. 147-157.
Carnap, R. Stegmüller, W.	Induktive Logik und Wahrscheinlichkeit. Wien, 1959, Springer-Verlag.
Hintikka, J. Pietarinen, J.	Semantic information and inductive logic. In: J. Hintikka, P. Suppes (Hrsg.): Aspects of inductive logic. Amsterdam 1966, North-Holland Publishing Company. S. 96-112.
Kronthaler, E.	Wahrscheinlichkeit, Information und Hypothesenauswahl. Diplomarbeit FU Berlin 1968.
Popper, K.	Logik der Forschung. Tübingen 1966, J.C.B. Mohr (Paul Siebeck) Verlag.
Vetter, H.	Wahrscheinlichkeit und logischer Spielraum. Manuskr. 1965.
Vetter, H.	Wahrscheinlichkeit und logischer Spielraum. Tübingen 1968, J.C.B. Mohr (Paul Siebeck) Verlag.
Wellmer, A.	Methodologie als Erkenntnistheorie. Frankfurt 1967, Suhrkamp Verlag.

Eingegangen am 26. Januar 1970

Anschrift des Verfassers:
Dipl.-Math. Engelbert Kronthaler, 1 Berlin 62, Meraner Str. 8

ZUR AXIOMATIK DES STRUKTURELLEN ENTROPIEMASSES

von K. D. Hofmann, Bochum

In neueren Arbeiten wird gelegentlich der Entropiebegriff im Sinne eines Struktur- oder Ordnungsmaßes angewendet, den wir im folgenden kurz als "strukturellen Entropiebegriff" bezeichnen wollen. Solange dabei die Verwendung der Entropie ihrer Bestimmung als mathematisch eindeutiger Funktion gerecht bleibt, ist die inhaltliche Umgrenzung ihres Anwendungsbereiches lediglich durch die Erfordernisse der Problemstellung gegeben. Um die jeweilige Angemessenheit des strukturellen Entropiebegriffes an die inhaltlichen Voraussetzungen einzusehen, ist die Zurückführung auf die axiomatischen Grundlagen dieses speziellen Entropiebegriffes unerläßlich.

I. Zur Definition

Die Axiomatik des Entropie- bzw. Informationsbegriffes hat ihren Ausgangspunkt in den Anforderungen, die an ein Maß $H(p_1, p_2, \ldots, p_n)$ für die mit einem endlichen Wahrscheinlichkeitsfeld verbundene Ungewißheit gestellt werden (A. I. Khinchin, 1957). Die vier bekannten Forderungen an die Funktion $H(p_1, p_2, \ldots, p_n)$ betreffen

1. ihre Stetigkeit
2. ihre Extremaleigenschaften
3. ihr Additivitätsverhalten
4. die Unabhängigkeit von der Hinzunahme des unmöglichen Ereignisses

Die einzige Funktion, die diese Forderungen erfüllt, ist gerade die Entropiefunktion

$$(1) \qquad H(p_1, \ldots, p_n) = - \sum p_i \log p_i \ .$$

Es versteht sich dabei von selbst, daß alle diese Überlegungen auf den Fall eines Wahrscheinlichkeitsfeldes beschränkt bleiben müssen, da dessen Eigenschaften bei der Führung des Existenz- und Unitätsbeweises ausschlaggebend sind. Wenn in der Informationstheorie dennoch gelegentlich die Wahrscheinlichkeiten durch Häufigkeiten ersetzt werden, so sind die letzteren lediglich als empirische Schätzwerte für die zugrundeliegenden Wahrscheinlichkeiten aufzufassen.

Ganz anders hingegen sind die Häufigkeiten zu interpretieren, die in der als Ordnungsmaß verstandenen Entropie vorkommen. Die Rolle des Wahrscheinlichkeits-

feldes hat hier ein Zustandssystem eingenommen. Statt sich ausschließender Ereignisse, deren Realisation mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit verknüpft ist, haben wir nun gleichzeitig vorhandene Zustände vor uns, die sich nur durch die Anzahl der bereits erfolgten Realisationen unterscheiden. Verallgemeinernd läßt sich definieren:

"Sind in einem System die Zustände $Z_1, Z_2, \ldots, Z_s$ mit $n_1, n_2, \ldots, n_s$ Elementen besetzt ($\sum n_i = n$), so wird

$$S = -\sum \frac{n_i}{n} \log \frac{n_i}{n} \tag{2}$$

als die dieser Struktur zugehörige strukturelle Entropie bezeichnet."

II. Zur Axiomatik

Es ist leicht einzusehen, daß sich die Forderungen bezüglich Stetigkeit, Maximaleigenschaften und Unabhängigkeit von der Hinzunahme eines unbesetzten Zustandes (statt des unmöglichen Ereignisses) sinngemäß für die strukturelle Entropie übertragen lassen. Nur die Forderung der Additivität verliert jetzt ihren Sinn, da es für Zustandssysteme im allgemeinen nichts den Produktfeldern Entsprechendes gibt. Anders ausgedrückt: der Begriff der Abhängigkeit bzw. Unabhängigkeit von Ereignissen, der für das Maß der Ungewißheit bei gemeinsamer Realisierung zweier Versuche zentral ist, läßt sich nicht auf Zustandssysteme übertragen. Dem entspricht der Umstand, daß die Ungewißheiten über den Ausgang verschiedener Versuche sich zusammensetzen lassen, nicht aber die Ordnungsgrade verschiedener Systeme.

Die Sinnlosigkeit eines Additionstheorems als Axiom für die Herleitung der strukturellen Entropie bedeutet nun aber nicht, daß diese als Maß unbrauchbar wäre. Beispielsweise liegen für gewisse thermodynamische Zustandsgrößen wie Druck und Temperatur diesbezüglich ähnliche Verhältnisse vor. Allerdings ist die Entropie jetzt nicht mehr die *einzige* Maßfunktion, die den drei verbliebenen Axiomen genügt. Setzt man z.B.

$$f(h_i) = 1 - \sum h_i^2 \qquad \text{mit} \qquad h_i = \frac{n_i}{n}, \tag{3}$$

dann läßt sich leicht zeigen, daß jede monoton wachsende Funktion F (f) als implizite Funktion der h_i den drei restlichen Axiomen genügt.

III. Zur Anwendbarkeit

Damit gewinnt nun die Frage an Bedeutung, was denn die strukturelle Entropie vor allen anderen möglichen Strukturmaßen auszeichne, die doch den gleichen Stetigkeits- und Extremaleigenschaften genügen; und nach welchen Kriterien man die einen und die anderen sinnvoll anwende. Dieser Frage nähern wir uns am einfachsten dadurch, daß wir die Herleitung der strukturellen Entropie analog dem Boltzmannschen Ansatz verfolgen, um so zugleich ihre wichtigsten Struktureigenschaften zu vergegenwärtigen.

Nach diesem Ansatz läßt sich die strukturelle Entropie verstehen als der durch n dividierte Logarithmus des Grenzwerts der Verteilungsmöglichkeiten von n Elementen auf s Zustände mit vorgegebenen Besetzungszahlen $n_1, n_2, \ldots, n_s$:

$$S = \frac{1}{n} \log \left(\lim \frac{n!}{n_1!\, n_2! \ldots n_s!}\right) = -\sum \frac{n_i}{n} \log \frac{n_i}{n} \tag{4}$$

entsprechend der Definitionsgleichung (2). Die strukturelle Entropie ist also ein Maß dafür, auf wieviele Arten sich ein bestimmter, nur durch seine Besetzungszahlen gekennzeichneter Verteilungszustand realisieren läßt. Daraus ergibt sich, daß ihre Anwendung nur auf solche Probleme sinnvoll sein kann, bei denen diese Anzahl der Realisierungsmöglichkeiten eine für die Strukturierung des Systems wichtige Rolle spielt. Das ist insbesondere immer dann nicht der Fall, wenn die Zustände sich nach irgendeiner Skala ordnen lassen und z.B. Größenklassen oder quantitative Merkmalsausprägungen einer statistischen Masse repräsentieren. In solchen Fällen können Strukturmaße nur verstanden werden als Abweichungsmaße von einer durch die Fragestellung jeweils nahegelegten Verteilung, zu denen auch die von J. S. Coleman (1964) als "quellenorientierte Maße" bezeichneten gehören.

Als Beispiel für diese Beschränkung der Anwendungsmöglichkeit des Entropiebegriffes seien die Resultate von F. v. Cube und R. Gunzenhäuser (1967) erwähnt, nach denen die von ihnen eingeführte "elektive Entropie" auf der Basis der Wahlklassen (d.h. einer quantitativen Merkmalsausprägung) sich als nicht geeignet erwiesen hat, den Differenziertheitsgrad einer durch soziometrische Tests gewonnenen Struktur zu beschreiben, wohl aber die von ihnen verwendete "elektive Gruppenentropie" auf der Basis der gewählten. Überhaupt wird sich die Entropie als ein Strukturmaß besonders für die Anwendung in der Sozialwissenschaft eignen (Hofmann, 1969), da hier den Realisierungsmöglichkeiten vorgegebener Verteilungen auf nicht skalierbare Kategorien eine hervorragende Bedeutung für die Theorie- und Modellbildung zukommt.

Schrifttumsverzeichnis

Coleman, J. S.	Introduction to Mathematical Sociology, London 1964
Hofmann, K.D.	Die Entropie als Parameter sozialer Systeme, GrKG 10/2, 1969
Khinchin, A.I.	Mathematical Foundations of Information Theory, New York 1957
von Cube, F. Gunzenhäuser, R.	Über die Entropie von Gruppen, Quickborn 1967

Eingegangen am 23. März 1970

Anschrift des Verfassers:
Dr. K.D. Hofmann, Abteilung für Sozialwissenschaft der Ruhr-Universität, 463 Bochum, Postfach 2148

DER EINFLUSS DES LEBENSALTERS AUF DIE SCHNELLIGKEIT PSYCHISCHER ABLÄUFE

von Hermann Peter Pomm, Hilders/Rhön

1. Problemstellung

Die Hypothese eines kleinsten Moments der Lebewesen, einer Grundtaktzeit des psychischen Geschehens, wurde Ende des 19. Jahrhunderts von dem Biologen K.E. von Baer (1864) und dem Psychologen W. Wundt (1874) im Einklang mit philosophischen Überlegungen von Kant und Schopenhauer aufgestellt und von Wundt durch experimentelle Untersuchungen bestätigt. Später erwies sich, daß die Grundtaktzeit, das Zeitquant, sowohl artspezifisch verschieden als auch altersabhängig ist. Die Grundtaktzeit wird in Verbindung gesetzt mit der Informationsmenge, so daß während eines Zeitquants 1 bit an Information apperzipiert werden kann (Frank 1960, S. 29).

Die folgenden Ausführungen versuchen, in einem Modell die Taktung und Schnelligkeit psychischer Vorgänge in Abhängigkeit vom Lebensalter darzustellen und den Einfluß der Schnelligkeit auf verschiedene psychische Abläufe aufzuweisen.

2. Der Alterungsprozeß als Störquelle psychischer Vorgänge

2.1 Die Altersabhängigkeit der Grundtaktzeit

Bei Untersuchungen zur Bestimmung eines numerischen Wertes für die Taktung zeigte sich eine Altersabhängigkeit des Zeitquants ZQ (Bellis 1932/33, Miles 1942, Riedel 1967). Die experimentellen Befunde ergeben nachstehende Bedingungen:

[1] Das Zeitquant verringert sich mit steigendem Lebensalter, zumindest für das Alter von 8 - 15 Jahren (Riedel 1967, S. 51).

[2] Das Zeitquant besitzt nach empirischen Daten eine untere Grenze, die beim Erwachsenen mit 1/20 sek. anzusetzen ist:
Baer 1864: 1/6 - 1/10 sek; Uexküll 1928: 1/16 - 1/18 sek; Knudsen 1928: 1/16 sek; Cheatham-White 1952, 1954: 1/10 - 1/12 sek; Stroud 1950, 1955: 0.10 - 0.05 sek; Steinbuch 1961: 1/15 sek; Frank 1963: 1/15 - 1/17 sek.

[3] Das Zeitquant vergrößert sich mit fortschreitendem Alter ab 20 Jahren (Riedel 1967, S. 50).

Riedel versuchte, die Altersabhängigkeit für den reziproken Wert des Zeitquants 1/ZQ durch einen mathematischen Ausdruck der folgenden Form darzustellen (Riedel 1967, S. 52).

$$(1) \qquad A^2 + b\frac{1}{ZQ^2} + c\frac{A}{ZQ} + eA + f\frac{1}{ZQ} + g = 0$$

A = Lebensalter, ZQ = Zeitquant; b, c, e, f, g = Konstanten

Empirische Daten entsprechen der angegebenen Formel gut, die in ihr enthaltenen Konstanten ermöglichen jedoch keine psychologische Interpretation. Die nachstehenden Ausführungen versuchen, durch einen anderen mathematischen Ansatz diese Schwierigkeiten zu umgehen.

3. Die Altersabhängigkeit der Kapazität von Nervenleitungen

Das Nervennetzwerk eines Lebewesens kann als ein Nachrichtenverarbeitungssystem aufgefaßt werden, in dem elektrische Impulse Signale in Nervenbahnen weiterleiten, die durch eine bestimmte "Transportkapazität" charakterisiert sind. Die Kapazität gibt an, welche Informationsmenge pro Zeiteinheit in einer Nervenbahn befördert werden kann; der reziproke Wert K^{-1} läßt sich als die Dauer einer Nachrichtenmenge mit der Taktzeit TZ interpretieren; damit gilt:

$$(2) \qquad K \cdot TZ = 1$$

Die Grundkapazität GK von Nervenbahnen, bezogen auf die Grundtaktzeit GTZ, läßt sich unter diesen Voraussetzungen definieren zu:

$$(3) \qquad GK \cdot GTZ = 1$$

Die Bedingungen 1, 2, 3 lauten mit dem Begriff der Grundkapazität:

[4] Die Grundkapzität wächst im Alter von 7 - 15 Jahren.
[5] Die Grundkapazität hat einen oberen Wert von etwa 20 Ereignissen pro Sekunde.
[6] Die Grundkapazität verringert sich mit zunehmendem Alter.

Der Prozeß zunehmender Schnelligkeit der psychischen Abläufe mit steigendem Lebensalter kann durch eine Zunahme der Kapazität der Nervenbahnen bei gleichzeitiger Verkleinerung der Grundtaktzeit erklärt werden.

Diese Überlegungen führen zu folgendem Ansatz:

1. Das zögernde Reagieren eines Säuglings auf optische oder akustische Reize wird dahin gedeutet, daß in diesem Alter die Weiterleitung von elektrischen Impulsen in den Nervenbahnen sehr lange dauert; die Taktzeit pro Ereignis relativ hoch ist. Betrachtet man daher für dieses Alter die Kapazität als vernachlässigbar klein, so ist $K \approx 0$ für $A = 0$.

2. Nimmt man an, daß die Kapazität innerhalb eines extrem kleinen Zeitintervalls keine beträchtlichen Werte erreicht und auch nicht nach geraumer Zeit erst zu steigen beginnt, so hat der Kurvenverlauf für $A = 0$ weder eine senkrechte noch eine waagerechte Tangente. Er kann deshalb zunächst durch eine Gerade der Form

$$K = m\,A, \qquad m > 0 \tag{4}$$

näherungsweise beschrieben werden.

3. Nach den Annahmen 5 und 6 erreicht der Kurvenverlauf ein Maximum und fällt anschließend wieder, so daß für größere A der nach Gleichung 4 errechnete Funktionswert verringert werden muß. Dies kann durch Multiplikation mit einer monoton fallenden Funktion geschehen, die für $A = 0$ den Wert 1 besitzt. Da für $A > 0$ keine negativen Funktionswerte auftreten sollen, darf die Multiplikatorfunktion nicht negativ werden, d. h. sie muß asymptotisch gegen einen nichtnegativen Grenzwert, etwa den Grenzwert Null, gehen. Die einfachste Funktion, die dies erfüllt, ist

$$e^{-s\,A} \tag{5}$$

Faßt man Gleichung 4 und Gleichung 5 zusammen, so ergibt sich für die Altersabhängigkeit der Kapazität

$$K = m\,A\,e^{-s\,A} \qquad m, s = \text{const}; \quad A = \text{Lebensalter} \tag{6}$$

Diese Funktion steigt monoton bis zum Maximum, das für $A = 1/s$ erreicht wird; mit $A \to \infty$ strebt $K \to 0$. Die Bedingungen (4), (5), (6) sind damit erfüllt.

Zu jeder mathematischen Funktion läßt sich eine Differentialgleichung angeben, die diese Funktion als Lösung besitzt. Gleichung 6 ist die Lösung einer Differentialgleichung der Form

$$\frac{d^2 K}{d A^2} + r^2 K + 2\,s\,\frac{dK}{d A} = 0 \tag{7}$$

mit $r^2 = s^2$ und den Anfangsbedingungen $K(0) = 0$ und $\frac{dK}{dA} = m$ für $A = 0$.

Dies führt zu der Überlegung, ob für die wirksamen Kräfte, die in der Physik zur Aufstellung einer solchen Differentialgleichung führen (Trägheitskraft, beschleunigende Federkraft, Reibung), eine physiologisch-psychologische Deutung möglich ist.

Sei $\frac{d^2K}{dA^2}$ eine "Beschleunigungskraft", die eine Zunahme der Kapazität im Zeitintervall dA ergibt, r^2K eine "Beharrungskraft", die den augenblicklichen Zustand beizubehalten versucht. Auf die Kapazität der Nervenbahnen wirke eine "Kraft" als "Störung" ein - etwa die Verminderung der Regenerationsfähigkeit der Nerven mit steigendem Alter - die der stets augenblicklichen Geschwindigkeit entspricht, mit $2s\frac{dK}{dA}$ bezeichnet werde und sowohl der "Beschleunigungskraft" als auch der "Beharrungskraft" entgegengerichtet ist. Die Kräftesumme führt auf Gleichung 7 und besitzt für $r^2 = s^2$ die Funktion 6 als Lösung.

Die Gleichung 6 gibt die Möglichkeit, psychische Prozesse, die auf der Weiterleitung von Impulsen in Nervenbahnen beruhen, in ihrer altersmäßigen Abhängigkeit zu interpretieren, vor allem Prozesse, in denen die Faktoren Schnelligkeit, Geschwindigkeit, Flüssigkeit Bedeutung haben. Aus der Fülle solcher Abläufe seien folgende informationspsychologische Parameter herausgegriffen:

1. Zeitquant ZQ (1/sec)
2. Beweglichkeitswert der informationellen Akkomodation β
3. Apperzeptionsgeschwindigkeit c_k (bit/sec)
4. Lerngeschwindigkeit c_v (bit/sec)

4. Die Altersabhängigkeit informationspsychologischer Parameter

Das von Frank entwickelte Organogramm für den Informationswechsel im Menschen (Frank 1962, S. 137) ist neben den Perzeptor, der Informationen der Außenwelt aufnimmt, charakterisiert durch den Akkomodator, den Kurzspeicher und das vorbewußte Gedächtnis.

1. In einem Prozeß der informationellen Akkomodation werden im Akkomodator die subjektiven Informationen den objektiven angeglichen. Die Geschwindigkeit des Anpassungsprozesses läßt sich durch einen Beweglichkeitswert β (Frank 1969, S. 88 ff) beschreiben. Nach vorliegendem Modell ist der Beweglichkeitswert altersabhängig und läßt sich angeben durch Gl. (6)

2. Für die Rasterung der Zeit in Zeitquanten, während der 1 bit an Information apperzipiert wird, gilt in der Altersabhängigkeit Gl. (6).

3. Der Kurzspeicher ist gekennzeichnet durch eine bestimmte Zuflußgeschwindigkeit. Die altersabhängige Apperzeptionsgeschwindigkeit erfüllt die Formel (6).

4. Die Altersabhängigkeit der Zuflußgeschwindigkeit des vorbewußten Gedächtnis wird angegeben durch Gl. (6).

Zahlreiche Untersuchungen zeigen (Riedel 1967, S. 37, S. 52; Undeutsch 1959, S. 92; Hofstätter 1957, S. 177), daß das Maximum der Leistung bei einem Lebensalter von etwa 20 Jahren erreicht wird. Setzt man $s = 1/20$ (1/Jahre), so liegt die Standardabweichung der Konstanten m im Bereich von 3-14 %, entspricht also den empirischen Werten relativ gut (vgl. Tabelle 1). Ein Vergleich der aufgrund von Gl. (6) errechneten Werte für das Maximum mit empirischen Werten ergibt:

1. Die Grundkapazität weicht nur geringfügig von dem empirischen Wert 13.8 bit/sec. ab, berechnet aus den in Bedingung 2 angegebenen Daten.

2. Die Abweichung des errechneten Wertes für die Reaktionsgeschwindigkeit von dem empirischen Wert 16 bit/sec (Riedel 1967, Frank 1969) beträgt etwa 5 %.

3. Die errechnete Lerngeschwindigkeit von 0.325 bit/sec liegt zwischen den Zuflußkapazitäten zweier Speicher, die eine Zuflußgeschwindigkeit von 0.29 und 0.35 bit/sec besitzen (Riedel 1967, S. 88).

4. Der empirische Beweglichkeitswert β weicht im Maximum um 19 % vom errechneten Wert ab.

5. Zusammenfassung

Die abgeleitete, sog. "Störfunktion" $K = mAe^{-sA}$ ermöglicht es, die Altersabhängigkeit psychischer Vorgänge, die auf Kanalkapazitäten beruhen, darzustellen und zu interpretieren. Dabei wird angenommen, daß auf die Schnelligkeit der Weiterleitung von Informationen im Nervensystem eine "Störung" einwirkt. Diese Störung kann durch eine verminderte Regenerationsfähigkeit der Nervenzellen, durch Stoffwechselstörungen, durch einen physiologischen Abbau mit steigendem Lebensalter (Delay-Pichot 1966, S. 221) erklärt werden.

TABELLE 1

Die Altersabhängigkeit von Kapazitäten (empirische Werte nach Riedel 1967)

LA	Grundkapazität GK (1/sec)		Apperzeptions-geschwindigkeit c_k (bit/sec)		Lerngeschwindigkeit c_v (bit/sec)		Beweglichkeits-wert $\beta \cdot 10^{-4}$		
Jahre	err.	emp.	err.	emp.	err.	emp.	err.	LA	emp.
3	4.87		5.86		0.114		144	3.5	140
4	6.18		7.42		0.145		183	3.75	160
5	7.36		8.86		0.172		218	5	250
6	8.40		10.10		0.197		249		
7	9.33	9.85	11.22	10.57	0.219	0.190	276	7.5	260
8	10.17	10.26	12.18	12.04	0.237	0.237	300		
9	10.83	11.11	13.02	13.24	0.254	0.240	322		
10	11.46	11.21	13.77	13.40	0.269	0.222	340		
11	12.00	11.87	14.40	13.80	0.281	0.262	355		
12	12.42	12.06	14.96	14.12	0.291	0.281	370		
13	12.84	12.43	15.42	16.27	0.300	0.326	380		
14	13.14	13.00	15.77	16.77	0.307	0.342	389		
15	13.40	13.78	16.00	17.20	0.313	0.405	397		
16	13.60		16.30		0.319		403		
17	13.70		16.55		0.323		407		
18	13.80		16.60		0.324		409		
19	13.88		16.78		0.325		411		
20	13.90		16.70		0.325		412	20	490
25	13.54		16.30		0.318		401		
30	12.60		15.20		0.297		375		
s = 1/20	m = 1.89 $\pm$ 0.04 $\hat{=}$ 3 %		m = 2.27 $\pm$ 0.11 $\hat{=}$ 5 %		m = 0.443 $\pm$ 0.060 $\hat{=}$ 14 %		m = (56 $\pm$ 8) $\cdot 10^{-4}$ $\hat{=}$ 14 %		
s (1/J)	m (1/sec · Jahre)		m (bit/sec · Jahre)		m (bit/sec · Jahre)		m (1/Jahre)		

Die "Störfunktion" entspricht im aufsteigenden Teil (< 20 Jahre) den empirischen Werten gut; fragwürdig bleibt das relativ starke Abfallen der Werte ab dem 20. Lebensjahr; Hier sind u. U. Korrekturen notwendig.

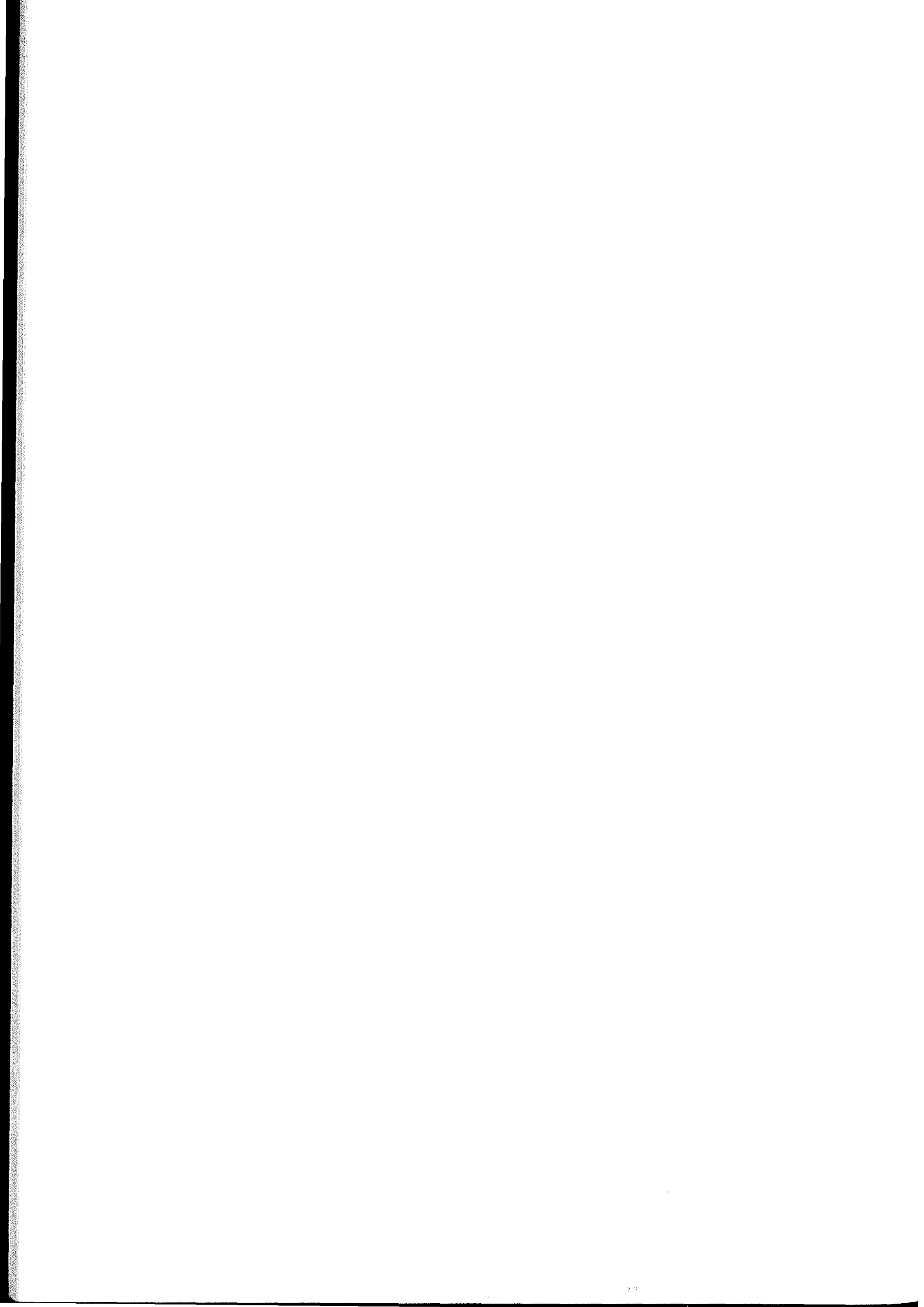
Schwierigkeiten bereiten in diesem Modell die Erklärung der Gegenwartsdauer, da diese nicht eine Kapazität, sondern eine Taktzeit angibt; die numerischen Werte entsprechen jedoch Gl. (6). Weitere Untersuchungen müssen zeigen, inwieweit der Begriff Gegenwartsdauer, bzw. das vorliegende Modell einer Änderung bedürfen.

Schrifttumsverzeichnis

Delay, J. Pichot, P.	Medizinische Psychologie Thieme, Stuttgart 1966
Frank, Helmar	Über grundlegende Sätze der Informationspsychologie, Schnelle, Quickborn, GrKG 1/1 1960, S. 25 - 32
Frank, Helmar	Kybernetische Grundlagen der Pädagogik Agis, Baden-Baden, 1962
Frank, Helmar	Kybernetische Grundlagen der Pädagogik Agis, Baden-Baden, 1969[2], Band 2
Hofstätter, Peter R.	Lexikon der Psychologie Fischer, Frankfurt 1963 [6]
Riedel, Harald	Psychostruktur, Schnelle, Quickborn 1967
Undeutsch, U.	Entwicklung und Wachstum In Thomae (Hrsg.) Handbuch der Entwicklungspsychologie, Hogrefe, Göttingen 1959

Eingegangen am 27. April 1970

Anschrift des Verfassers:
6414 Hilders/Rhön, Heideweg 10



DIE BEDEUTUNG DER SPRACHHINDERNISSE FÜR DIE WISSENSCHAFTSFUTUROLOGISCHE AUSWERTUNG VON GESCHICHTE UND GEOGRAPHIE EINER WISSENSCHAFT

von Helmar Frank (Waiblingen), Berlin

1. Problemstellung

Wissenschaftlicher Fortschritt erfolgt unter Mitverwertung der schon gewonnenen Erkenntnisse. Man kann mit guter Näherung voraussetzen, daß diese im Fachschrifttum codiert sind. Die verschiedenen Sprachen können als unterschiedliche Codes angesehen werden, die für den einzelnen Wissenschaftler verschieden leicht entschlüsselbar sind. Dies bestimmt (zusammen mit der Textzugänglichkeit) die Wahrscheinlichkeit, mit welcher eine bestimmte Erkenntnis für einen bestimmten Wissenschaftler nutzbar wird, also die Kleinheit des Widerstandes der Sprachgrenze. Dieser Widerstand stimmt selten in den beiden möglichen Richtungen des Informationsflusses überein. Offenbar kann - bei sonst gleichen Bedingungen - das Schrifttum eines Sprachbereichs desto mehr in Führung gehen, je geringer der Sprachwiderstand aus den anderen und je größer er in umgekehrter Richtung ist. Z.B. sind z.Zt. noch das japanische und chinesische Schrifttum in diesem Sinne aufstiegsbegünstigt. Wird die Differenz zu groß, dann bieten sich Maßnahmen zur Überbrückung (durch Übersetzungen) bzw. Verringerung (durch Spracherlernung) des Sprachgrenzwiderstandes an. Jede eigene Anstrengung zur Publikation in einer fremden Sprache erscheint aus der Sicht des sprachpolitischen Wettbewerbs als strategischer Fehler.

Diese Arbeit versucht einen Ansatz zu einem mathematischen Modell des zwischensprachlichen wissenschaftlichen Informationsumsatzes zu leisten und für das Fachgebiet "Programmierte Instruktion" (einschließlich rechnerunterstützter Lehrtechniken) erste Näherungen für die Modellparameter zu bestimmen, um daraus einige Voraussagen abzuleiten.

Die empirischen Daten hierfür trug überwiegend Fräulein cand. paed. Christine Schmalor zusammen; sie wird sie nach Abschluß der noch laufenden Erhebungen im Rahmen einer Diplomarbeit der Pädagogischen Hochschule Berlin genauer darlegen, ergänzen und weiter auswerten.

2. Sprachgrenzhindernisse

Wir bezeichnen die Sprachen, in denen Fachschrifttum des betrachteten Wissenschaftsgebiets vorliegt, mit $S_1, S_2, \ldots, S_\sigma, \ldots, S_{\hat{\sigma}}$. Mit S_ς bezeichnen wir diejenige Sprache, die ein bestimmter Wissenschaftler selbst spricht (die Bezugssprache).

Daß ein Autor bereits gewonnene und veröffentlichte Erkenntnisse für eine wissenschaftliche Originalarbeit benutzt, kann aus zwei Gründen unterbleiben:

(a) weil die entsprechende Veröffentlichung erst vor so kurzer Zeit erschien, daß die "Totzeit", während welcher sie dem Autor noch nicht zugänglich ist, noch nicht verstrichen ist;

(b) weil der Autor aus der Überfülle des ihm zugänglichen Schrifttums zufällig diese Veröffentlichung n i c h t herausgriff.
Man kann unterstellen, daß beide Hindernisse v e r s c h w i n d e n, wenn der Autor selbst die relevante zugrundezulegende Veröffentlichung geschrieben hat, und daß beide relativ k l e i n sind, wenn die Veröffentlichung in seiner eigenen Sprache geschrieben ist, dagegen g r ö ß e r (und zwar unterschiedlich groß) bei Fremdsprachen.
Wir bezeichnen als Totzeit $\tau_{\sigma\varsigma}$ die Zeit, welche es im Mittel dauert, bis eine Veröffentlichung des Sprachbereichs S_σ einem durchschnittlichen Wissenschaftler des Bezugssprachgebiets S_ς zugänglich wird. Diese Zeit kann bei verschiedenen Fachgebieten und zu verschiedenen Zeitpunkten t unterschiedlich sein; für unser Modell ist nur die Zeitabhängigkeit $\tau_{\sigma\varsigma}$ (t) zu berücksichtigen. Bezeichnet man mit $\tau_{o\varsigma}$ die Totzeit, bis ein Autor eine e i g e n e Veröffentlichung "zur Kenntnis nimmt", dann ist zu vermuten, daß für alle Sprachpaare gilt:

(1) $$\tau_{\sigma\varsigma} \geqq \tau_{\varsigma\varsigma} > \tau_{o\varsigma} = 0$$

Man könnte (für $\sigma \neq 0$ und $\sigma \neq \varsigma$) $T_{\sigma\varsigma} = \tau_{\sigma\varsigma} - \tau_{\varsigma\varsigma}$ als Sprachgrenztotzeit, $T_{\varsigma\varsigma} = \tau_{\varsigma\varsigma}$ als Eigentotzeit bezeichnen. (Wir interpretieren das aufzubauende Modell so, daß eine Erkenntnis gewonnen ist, sobald sie veröffentlicht ist; man könnte aber auch die Totzeit des Veröffentlichungsprozesses einbeziehen, was alle $\tau_{\sigma\varsigma}$ um diese Totzeit vergrößern würde.)

Sei $\ell_{\sigma\varsigma}$ die Wahrscheinlichkeit, daß ein relevanter Text, der (wegen abgelaufener Totzeit!) bereits zugänglich ist, gelesen wird, $a_{\sigma\varsigma}$ die bedingte Wahrscheinlichkeit, daß er, falls er gelesen wird, auch für die neue Erkenntnis ausgewertet wird und $o_{\sigma\varsigma}$ die bedingte Wahrscheinlichkeit, daß diese Benutzung im Schrifttumsverzeichnis offengelegt (also kein "Plagiat" begangen) wird. Dann ist die Wahrscheinlichkeit, daß der besagte, relevante Text zitiert wird,

(2) $$z_{\sigma\varsigma} = \ell_{\sigma\varsigma} \cdot a_{\sigma\varsigma} \cdot o_{\sigma\varsigma}$$

Diese Beziehung gilt auch für Eigenzitate, für welche wieder $\sigma = o$ zu setzen ist. Dabei kann $\ell_{o\varsigma} = a_{o\varsigma} = 1$ gesetzt werden. Dagegen ist es (wegen manchmal bestehender "falscher Bescheidenheit") schon eine Vergröberung des Modells, auch $o_{o\varsigma}$ und damit $z_{o\varsigma}$ gleich 1 zu setzen. Man kann ferner annehmen, daß $a_{\sigma\varsigma}$ und $o_{\sigma\varsigma}$ mindestens für $\sigma \neq 0$ unabhängig von σ sind, auch wenn $\sigma = \varsigma$ ist. (Sprachüberheblichkeit und die Sucht, die Kenntnis des internationalen Schrifttums zu dokumentieren, werden also als gleichstark angenommen.) Man kann dann für $\sigma \neq 0$ und $\sigma \neq \varsigma$ als S p r a c h g r e n z w i d e r s t a n d von S_σ nach S_ς definieren

(3 a) $$w_{\sigma\varsigma} =_{Df} \frac{\ell_{\varsigma\varsigma}}{\ell_{\sigma\varsigma}} = \frac{z_{\varsigma\varsigma}}{z_{\sigma\varsigma}}$$

und als E i g e n w i d e r s t a n d der Bezugssprache S

(3 b) $$w_{\varsigma\varsigma} =_{Df} \frac{\ell_{o\varsigma}}{\ell_{\varsigma\varsigma}} = \frac{a_{\varsigma\varsigma} \cdot o_{\varsigma\varsigma}}{z_{\varsigma\varsigma}} \leqq \frac{z_{o\varsigma}}{z_{\varsigma\varsigma}}$$

Ferner definieren wir den Sprachwiderstand

$$W_{\sigma s} =_{Df} \begin{cases} w_{\sigma s} \cdot w_{ss} & \text{für } \sigma \neq s \\ w_{ss} & \text{für } \sigma = s \end{cases}$$

Man kann als Kennzeichen einer engen internen wissenschaftlichen Zusammenarbeit in einem Sprachgebiet eine geringe Eigentotzeit und einen geringen Eigenwiderstand ansehen. Niedrige Sprachgrenzhindernisse (nämlich Sprachtotzeit und -widerstand) kennzeichnen eine gute Verwertung des entsprechenden fremdsprachlichen Fachschrifttums. -

Es wurde versucht, die Sprachgrenzhindernisse für Autoren aus dem Fachbereich "Lehrobjektivierung" für 7 Sprachbereiche und den Restbereich Ü aller übrigen Sprachen zu messen. Dabei wurde davon ausgegangen, daß die Sprachgrenzhindernisse zwischen dem tschechischen und dem slowakischen Sprachbereich für die entsprechenden Autoren entfallen, so daß diese Bereiche zum Bereich ČS zusammengefaßt wurden. Aus den entsprechenden, wenngleich weniger unanfechtbaren Überlegungen wurde der spanische und der portugiesisch-brasilianische Sprachbereich zum Bereich SP zusammengefaßt. Die Tabelle 1 zeigt den unterschiedlich großen Umfang der statistischen Basis, die in den einzelnen Sprachbereichen (für die Jahre 1965 - 1968) verfügbar ist sowie den Umfang der hierfür und insgesamt (für 1954 - 1969; Mittel: 1965 ±2) ausgewerteten Texte. Hinsichtlich näherer Angaben (auch über das Zustandekommen der Werte) wird auf die Arbeit von Ch. Schmalor verwiesen; bei Ü liegt eine grobe Schätzung vor. In Bild 1 ist Autorenkapazität und jährliche Produktion für die 8 Sprachbereiche dargestellt.

σ	1	2	3	4	5	6	7	8
S_σ	Tschech. + Slow.	Deutsch	Engl.	Franz.	Russ.	Schwed.	Span. +Port.	übrige
Abkürzung	ČS	D	E	F	R	S	SP	Ü
Summe der Seiten (Textvolumen V_σ) 1965 - 1968	8600	21600	24200	2800	9050	1550	800	16000
Beteiligte Autoren N_σ	430	650	1200	150	410	45	35	680
Ausgew. Titel zu durchschn. (16,5 S./Titel) gesamt	111	56	31	7	10	5	14	0
1965/68	55	19	7	7	1	3	13	0

Tabelle 1: Auswertbares und ausgewertetes Material

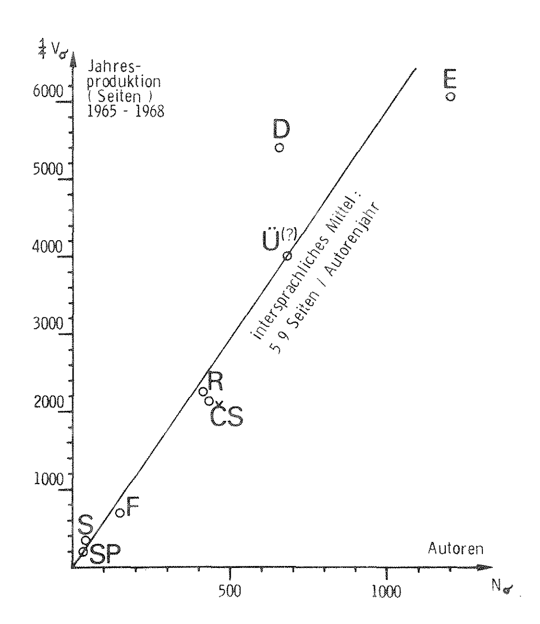


Bild 1: Autorenkapazität und Jahresproduktion (in Seiten) auf dem Gebiete der Programmierten Instruktion in 8 Sprachbereichen. (Die Lehrprogrammproduktion selbst ist nicht mitgerechnet!)

Zur Bestimmung der Totzeit wurde für $0 \leq \sigma \leq 8$ und $1 \leq \varsigma \leq 8$ die durchschnittliche Differenz zwischen dem Erscheinungsjahr der betrachteten Arbeit aus S_ς und der jüngsten darin zitierten Arbeit aus S_σ berechnet. Dabei ergab sich, daß $\tau_{0\varsigma}$ nicht Null sondern für $\sigma = 1,2,3$ beziehentlich 0,5; 0,9; 2,2(Jahre) war. Dieser Wert wurde als systematischer Fehler gedeutet und von den Meßwerten von $\tau_{\sigma\varsigma}$ subtrahiert (bei $\sigma > 3$ wurde dafür der Mittelwert 1,2 benutzt).

Auf diese Weise ergaben sich als Sprachgrenztotzeiten $\tau_{\sigma\varsigma} - \tau_{\varsigma\varsigma}$ bzw. Eigentotzeiten $\tau_{\varsigma\varsigma}$ die in Tabelle 2 eingetragenen Werte. Da die Zitierwahrscheinlichkeit fast sicher kleiner als 1 ist, ist zu erwarten, daß die hier angegebenen Meßwerte prinzipiell zu groß sind. Denn es muß damit gerechnet werden, daß jüngere, relevante Texte existieren, die zwar schon zugänglich sind, aber zufällig nicht zitiert wurden. Wir werden aus diesem Grunde bei der weiteren Anwendung des mathematischen Modells keine Unterschiedlichkeit der Totzeiten beachten.

Die Zitierwahrscheinlichkeit $z_{\sigma\varsigma}$ und damit die Sprachgrenzwiderstände $w_{\sigma\varsigma}$ können nicht einfach aus dem Fachschrifttum selbst ermittelt werden. Dazu müßte nämlich zu jedem Text die Gesamtheit aller früher erschienenen Texte daraufhin überprüft werden, ob diese inhaltlich relevant sind und daher zitiert hätten werden müssen; durch die so ermittelten Anzahlen zitierbarer Texte jeder Sprache müßten die Anzahlen tatsächlich zitierter Texte dividiert werden, um Meßwerte für die Zitierwahrscheinlichkeit zu erhalten. Dieser Weg ist praktisch nicht gangbar. - Andererseits kann die Zitierwahrscheinlichkeit $z_{\sigma\varsigma}$ eines relevanten Textes aus S_σ auch nicht proportional gesetzt werden zur mittleren Anzahl $Z_{\sigma\varsigma}$ von Texten aus S_σ die in einem Fachtext von S_ς zitiert werden;

ς	σ / S_ς \ S_σ	1 Čs	2 D	3 E	4 F	5 R	6 S	7 SP	8 Ü
1	Čs	0,2	0,4	1,8	4,3	0,7	(0)	(0)	1,3
2	D	?	0,6	1,5	5,8	0,7	?	?	?
3	E	?	?	0,7	?	?	?	?	?
4	F	?	0,4	0,5	0,8	?	?	?	(0)
5	R	2	(0)	2,0	(5,8)	0	?	?	1
6	S	?	(4,8)	0	?	?	0	?	?
7	SP	?	(0,6)	(0,3)	(0,8)	?	?	(0)	?
8	Ü	?	?	?	?	?	?	?	?

$T_{\sigma\varsigma}$

Tabelle 2
Eigentotzeit $\tau_{\varsigma\varsigma}$ und (zusätzliche!) Sprachgrenztotzeit $\tau_{\sigma\varsigma} - \tau_{\varsigma\varsigma}$ in Jahren für das PI-Schrifttum.
(? = keine Daten ausgewertet; ( ) = sehr wenig gesichertes Resultat. Relativ gut gesichert sind nur die Werte für $\varsigma \leq 3$.)

denn diese Zahl wächst sicher auch mit dem Umfang und dem Niveau ("Führungsgrad") des relevanten Schrifttums von S_σ und nicht nur mit dem Kehrwert des Sprachgrenzwiderstandes. Da indessen in keinem der 8 vorgesehenen Sprachbereiche Umfang oder Niveau des Schrifttums Null sein dürfte, kann man in erster grober Näherung aus $Z_{\sigma\varsigma}=0$ auf $z_{\sigma\varsigma}=0$ und $\ell_{\sigma\varsigma}=0$ und damit (wie für Tabelle 3 geschehen) auf $w_{\sigma\varsigma}=\infty$ schließen. Tabelle 3 gibt die relativen Anzahlen (Quellenanteile) $\zeta_{\sigma\varsigma}$ der auf S_σ fallenden Texte in den Schrifttumsverzeichnissen von S_ς an.

ς	σ / S_ς \ S_σ	0	1 Čs	2 D	3 E	4 F	5 R	6 S	7 SP	8 Ü
1	Čs	60	400	70	265	10	180	4	2	9
2	D	83	0	656	171	6	83	0	0	1
3	E	71	0	0	929	0	0	0	0	0
4	F	163	0	163	184	326	0	0	0	163
5	R	140	2	30	113	21	689	0	0	4
6	S	55	0	36	672	0	0	236	0	0
7	SP	10	0	460	235	98	0	0	197	0
8	Ü	?	?	?	?	?	?	?	?	?

$\zeta_{\sigma\varsigma}$ [‰]

Tabelle 3
Quellenanteile (Zitatanteile) $\zeta_{\sigma\varsigma} = \frac{Z_{\sigma\varsigma}}{\sum_{\sigma=0}^{8} Z_{\sigma\varsigma}}$ in Promille im PI-Schrifttum

Um Anhaltspunkte für die von Null verschiedenen Zitierwahrscheinlichkeiten bzw. die Lesewahrscheinlichkeiten zu bekommen, wurde im Mai 1970 eine Fragebogenaktion bei verschiedenen PI-Autoren gestartet. Dabei wurde (direkt oder indirekt) nach drei Faktoren gefragt, deren Produkt $\ell_{\sigma\varsigma}$ ergibt:

1. nach dem Prozentsatz der Titel, auf welche der Durchschnittsautor von S_ς nach Ablauf der Totzeit z.B. durch Literaturhinweise oder beim Durchblättern von Zeitschriften stößt;

2. nach dem Prozentsatz der bekannten Titel, bei denen die Textbeschaffung (durch Bibliotheken, Buchhandel, Sonderdruckanforderung oder anders) in sinnvoller Zeit gelingt;

3. nach dem Prozentsatz der tatsächlich (gründlich oder "diagonal") gelesenen Arbeiten unter den beschafften oder ohne besondere Bemühung vorliegenden.

Diese Fragebogenaktion ist noch nicht abgeschlossen, so daß nur mit vorläufigen Gröbstwerten gerechnet werden konnte, um wenigstens eine Vorstellung von den Größenordnungen zu vermitteln. Die Tabelle 4 faßt diese Rohwerte für die Sprachgrenzwiderstände und die Eigenwiderstände zusammen. Man beachte für $\sigma = 5$, daß zum deutschen Sprachgebiet auch die DDR gehört, und für $\sigma = 2$, daß verschiedene lateinamerikanische PI-Autoren deutschstämmig sind, und die meisten Autoren aus der ČSSR noch Deutsch als 2. Fremdsprache lernten!

ς \ σ		1	2	3	4	5	6	7	8
	S_ς \ S_σ	ČS	D	E	F	R	S	SP	Ü
1	ČS	8	3	4	20	10	20	100	400?
2	D	∞	8	5	40	10	∞	∞	200 000?
3	E	∞	∞	15	∞	∞	∞	∞	∞
4	F	∞	30	10	4	∞	∞	∞	400 000?
5	R	70	4	5	10	6	∞	∞	200 000?
6	S	∞	30	15	∞	∞	4	∞	∞
7	SP	∞	20	5	10	∞	∞	6	∞
8	Ü	?	?	?	?	?	?	?	?

$w_{\sigma\varsigma}$

Tabelle 4 : Sprachgrenz- und Eigenwiderstände.
Sprachwiderstand: $W_{\varsigma\varsigma} = w_{\varsigma\varsigma}$; $W_{\sigma\varsigma} = w_{\sigma\varsigma} \cdot w_{\varsigma\varsigma}$ für $\sigma \neq \varsigma$

3. Führungsgrad des Schrifttums einer Sprache

Die (diskreten) Sachverhalte, um deren Erkenntnis man sich in einem betrachteten Fachgebiet bemüht, bilden eine Halbordnung, wobei jeder Sachverhalt a,

der in dieser Halbordnung einem Sachverhalt b vorausgeht, notwendig für die Erkenntnis von b ist. Der Sachverhalt a ist unmittelbare Voraussetzung des Sachverhalts b, wenn es keinen Sachverhalt c gibt, der auch von b vorausgesetzt wird und selbst a voraussetzt. Ein Sachverhalt heißt ausgewertet, wenn jeder Sachverhalt zu dem er unmittelbare Voraussetzung ist, bereits erkannt ist; diese Sachverhalte bilden die Menge $\mathfrak{A}$. Die Menge $\mathfrak{S}$ der erkannten, aber noch nicht ausgewerteten Sachverhalte heißt "Stand der Forschung". Die Menge $\mathfrak{F}$ der noch nicht erkannten Sachverhalte, deren unmittelbare Voraussetzungen alle erkannt sind, heißt "Front der Forschung". Vor Erschließung eines Fachgebiets ist $\mathfrak{F} = \mathfrak{O}$, wobei $\mathfrak{O}$ die Menge der unmittelbar erkennbaren Sachverhalte - Oberflächensachverhalte - bezeichnet. Offenbar sind die Mengen $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{S}$ und $\mathfrak{F}$ Funktionen der Zeit, wobei mit $\Delta t \geq 0$ gilt:

(4 a) $\mathfrak{A}(t) \subseteq \mathfrak{A}(t+\Delta t)$ und

(4 b) $\mathfrak{A}(t) \cup \mathfrak{S}(t) \subseteq \mathfrak{A}(t+\Delta t) \cup \mathfrak{S}(t+\Delta t)$

falls man den Fall verschollener Schriften und damit verloren gegangener Erkenntnisse ausschließt.

Offensichtlich gilt ferner

(5) $\mathfrak{F}(t) \cap (\mathfrak{A}(t) \cup \mathfrak{S}(t)) = \emptyset$

Wir definieren noch zwei sprachabhängige Mengen:

(1) Als Stand der Forschung in S_ς zum Zeitpunkt t bezeichnen wir die Teilmenge $\mathfrak{S}(t,\varsigma) \subseteq \mathfrak{S}(t)$ der Sachverhalte, welche zum Zeitpunkt t (auch schon) im Schrifttum der Bezugssprache S_ς codiert sind. (Diese Teilmenge kann leer sein!)

(2) Als Stand der Forschung für S_ς zum Zeitpunkt t bezeichnen wir die Menge

(6) $\mathfrak{S}_\varsigma(t) =_{Df} \bigcup_\sigma \mathfrak{S}(t - \tau_{\sigma\varsigma}, \sigma)$

also die Menge aller Erkenntnisse der Weltliteratur, für welche für einen durchschnittlichen Leser der Bezugssprache S_ς noch nicht alle Auswertungen veröffentlicht und zugänglich sind. (Für einen Autor ist die Menge evtl. etwas mächtiger, da ihm seine eigenen Ergebnisse ohne Totzeit bekannt werden.)

Als (tatsächlichen) Führungsgrad $f_\varsigma(t)$ des Schrifttums einer Sprache S_ς innerhalb der facheigenen Weltliteratur wollen wir den Prozentsatz der Elemente von $\mathfrak{S}(t)$ ansehen, welche zum Zeitpunkt t nur in S_ς codiert sind, zuzüglich einem Anteil am Prozentsatz jener, welche auch in ihr dargelegt sind. Demgemäß definieren wir:

(7) $f_\varsigma(t) =_{Df} \dfrac{|\mathfrak{S}(t,\varsigma)|}{\sum_\sigma |\mathfrak{S}(t,\sigma)|}$

Der tatsächliche Führungsgrad kann unmittelbar nur von einem externen Beobachter gemessen werden, für welchen die Totzeit gleich Null ist, oder - mit ei-

ner Verspätung von mindestens $\max_{\sigma} \tau_{\sigma\varsigma}$ - von einem Wissenschaftsgeschichtler der Sprache S_ς. Forschungsrelevant ist daher der vermeintliche Führungsgrad der Sprache S_σ aus der Sicht eines Autors der Bezugssprache S_ς. Das mathematische Modell wird durch die Totzeiten und insbesondere durch deren Verschiedenheit sehr kompliziert. Das schon oben zu Tabelle 2 Gesagte erlaubt uns, alle Totzeiten zu vernachlässigen. Damit wird in (6) $\mathfrak{S}_\varsigma(t) = \mathfrak{S}(t)$, und wir können für das PI-Schrifttum statt mit den vermeintlichen mit den tatsächlichen Führungsgraden rechnen.

Den Führungsgrad der Bezugssprache kann man additiv zusammensetzen aus dem Führungsgrad $f_{O\varsigma}^{(A)}$ des in dieser Sprache schreibenden Autors A und dem Führungsgrad $f_{\varsigma\varsigma}^{(\bar{A})}$ des Restschrifttums. Für den Durchschnittsautor gilt

$$(8\,a)\quad f_{O\varsigma} = \frac{1}{N_\varsigma} \cdot f_\varsigma \qquad \text{und} \qquad (8\,b)\quad f_{\varsigma\varsigma}^{-} = \left(1 - \frac{1}{N_\varsigma}\right) \cdot f_\varsigma$$

Die folgende Betrachtung bezweckt nun, die Führungsgrade aus den Zitatanteilen (Tabelle 3) und den Sprachwiderständen (Tabelle 4) zu erschließen.

Unabhängig davon, ob ein Autor eine wissenschaftliche Originalarbeit schreibt (W-Schrifttum), oder eine didaktischen Zwecken dienende Hinführung zur Front der Forschung (D-Schrifttum), darf vorausgesetzt werden, daß er im wesentlichen diejenigen Texte zitiert, welche Sachverhalte aus dem augenblicklichen Stand der Forschung enthalten, wie sich dieser für ihn selbst darstellt. Dabei kann ein zitierter Text in einer der Sprachen S_σ mit $\sigma \neq \varsigma$ geschrieben sein, oder zur Menge der Fremdtexte der eigenen Sprache gehören oder ein eigener Text sein. Da vielfach derselbe Sachverhalt in verschiedenen dieser Texte auftaucht, werden häufig auch mehrere Zitate zum selben Sachverhalt gegeben.
Sei R die Zahl der für die beabsichtigte Publikation relevanten Texte der Weltliteratur. Dann ist zu erwarten, daß $R \cdot f_\sigma$ in das Schrifttum S_σ fallen und davon $R \cdot f_\sigma \cdot z_{\sigma\varsigma}$ zitiert werden. (Die Zeitabhängigkeit wird im folgenden, da redundant, nicht bezeichnet. Die Totzeiten bleiben vernachlässigt.)
Bezeichnet $Z_{O\varsigma}$, $Z_{\varsigma\varsigma}$ bzw. $Z_{\sigma\varsigma}$ die mittlere Zahl zitierter Texte aus den für uns zu unterscheidenden Quellklassen, dann gilt:

$$(9\,a)\quad Z_{O\varsigma} = R \cdot f_{O\varsigma} \cdot z_{O\varsigma}$$

$$(9\,b)\quad Z_{\varsigma\varsigma} = R \cdot f_{\varsigma\varsigma}^{-} \cdot z_{\varsigma\varsigma}$$

$$(9\,c)\quad Z_{\sigma\varsigma} = R \cdot f_\sigma \cdot z_{\sigma\varsigma}$$

sowie aus (8 a,b)

$$(10)\quad f_{\varsigma\varsigma}^{-} = (N_\varsigma - 1) \cdot f_{O\varsigma}$$

Daraus folgt

$$(11)\quad z_{\varsigma\varsigma} = \frac{Z_{\varsigma\varsigma} \cdot z_{O\varsigma}}{Z_{O\varsigma} \cdot (N_\varsigma - 1)} = \frac{\zeta_{\varsigma\varsigma} \cdot z_{O\varsigma}}{\zeta_{O\varsigma} \cdot (N_\varsigma - 1)} \approx \frac{\zeta_{\varsigma\varsigma}}{\zeta_{O\varsigma} \cdot (N_\varsigma - 1)}$$

wenn man die oben erwähnte Vergröberung $z_{O\varsigma} = 1$ inkauf nimmt. Rechnet man jedoch die Zitierwahrscheinlichkeiten anhand der Werte aus den Tabellen 1 und

3 aus, dann kommt man für $\sigma \leq 5$ auf unwahrscheinlich tiefe Werte (um 12 Promille!). Dies ist durch die (hinter den Gleichungen 9 steckende) falsche Modellvoraussetzung erklärbar, wonach der Anteil des r e l e v a n t e n Schrifttums autorenunabhängig ist. In Wirklichkeit existiert jedoch im PI-Schrifttum eine Spezialisierung (kybernetische Pädagogik, empirisch-lernpsychologische Untersuchungen, Kontextprobleme u.a.), so daß je nur ein Bruchteil der N_ς -1 Autoren - durchschnittlich z.B. ein Drittel - Zitierbares liefert. Solange keine empirisch gestützten, quantitativen Anhaltspunkte über diese Forschungsarbeitsteilung vorliegen, multiplizieren wir für $\sigma \leq 5$ alle nach (11) ermittelten Werte mit dem Faktor 3. Für S und SP würden wir damit 1 übersteigen, so daß wir hier nur mit der aus (3 b) sich ergebenden oberen Grenze $z_{o\varsigma}/w_{\varsigma\varsigma} \approx 1/w_{\varsigma\varsigma}$ rechneten. Die Multiplikation der $z_{\varsigma\varsigma}$ mit den $w_{\varsigma\varsigma}$ führt wegen (3 b) auf $a_{\varsigma\varsigma} \cdot o_{\varsigma\varsigma}$ (Tabelle 6). Wegen der Voraussetzung $a_{\sigma\varsigma} \cdot o_{\sigma\varsigma} \equiv a_{\varsigma\varsigma} \cdot o_{\varsigma\varsigma}$ kann aus diesen Werten und denen der Tabelle 3 nun die Matrix $((z_{\sigma\varsigma}))$ der Zitierwahrscheinlichkeiten bestimmt werden, nämlich nach der unmittelbar aus (3 a, b) ableitbaren Formel

$$(12) \qquad z_{\sigma\varsigma} = \frac{a_{\varsigma\varsigma} \cdot o_{\varsigma\varsigma}}{W_{\sigma\varsigma}}$$

wobei $W_{\sigma\varsigma}$ der gesamte Sprachwiderstand ist. Für $z_{6\varsigma}$ liegt es nahe, die Durchschnittswerte der $z_{\sigma\varsigma}$ mit $\sigma < 8$ und $\sigma \neq \varsigma$ einzusetzen, was zu den in Tabelle 6 angegebenen Zitatwahrscheinlichkeiten führt. (Aus ihnen könnte die letzte Zeile der Tabelle 4 theoretisch ergänzt werden.) Setzt man

$$(13) \qquad r_\varsigma = \frac{R}{\sum_{\sigma=0}^{8} z_{\sigma\varsigma}}$$

dann erhält man aus (9 a, b, c) mit (3 a, b) und (8 a, b)

$$(14\,a) \qquad r_\varsigma \cdot f_\varsigma = \frac{\zeta_{o\varsigma}}{z_{o\varsigma}} + \frac{\zeta_{\varsigma\varsigma}}{z_{\varsigma\varsigma}} \approx \zeta_{o\varsigma} + \frac{\zeta_{\varsigma\varsigma}}{z_{\varsigma\varsigma}} = \zeta_{o\varsigma} + \frac{\zeta_{\varsigma\varsigma} \cdot w_{\varsigma\varsigma}}{a_{\varsigma\varsigma} \cdot o_{\varsigma\varsigma}}$$

$$(14\,b) \qquad r_\varsigma \cdot f_\sigma = \frac{\zeta_{\sigma\varsigma}}{z_{\sigma\varsigma}} = \frac{\zeta_{\sigma\varsigma} \cdot w_{\sigma\varsigma}}{a_{\varsigma\varsigma} \cdot o_{\varsigma\varsigma}}$$

Die Führungsgrade sind daraus bis auf einen konstanten Faktor r_ς bestimmbar, und damit der relative Führungsgrad $f_\sigma : f_\varsigma$ des Schrifttums von S_σ im Verhältnis zu dem von S_s (Tabelle 5); r_s ist im Prinzip dadurch berechenbar, daß nach (7) die Summe der f_σ 1 ergeben muß. Bei Vernachlässigung der Totzeit ist es nach unserem Modell sogar für das Ergebnis gleichgültig, aus der Sicht welcher Sprache S_s die f_σ so errechnet werden. Die Angaben der Tabellen 3 und 4 führen jedoch leider für jedes S_s zu einigen Summanden mit dem unbestimmten Zähler $0 \cdot \infty$, da gegenüber manchen Sprachen Verschlossenheit, also eine gewisse "Blindheit" besteht. Schätzt man im Hinblick auf das chinesische, japanische, polnische, bulgarische, rumänische und italienische Schrifttum $f_8 \approx 0{,}1$, dann werden die Führungsgrade aus der Sicht von S_1 = ČS berechenbar (Tabelle 5). Da die Verhältnisse zwischen den Führungsgraden bei unserer ungenauen empirischen Basis stark streuen, muß irgendeine Ausgleichsrechnung durchgeführt

werden. Man kann z.B. $f_6 : (f_2 + f_3)$ aus der Sicht von S_1 = ČS und der von S_6 = S ausmitteln, dann mit dem bei ČS schon gewonnenen Wert 0,290 = $f_2 + f_3$ multiplizieren und das Resultat für alles S_s als f_6 einsetzen. Dasselbe macht man für f_7. Dann sind die f_σ aus der Sicht von S_s = R berechenbar, womit ein zweiter Wert für f_1 vorliegt, so daß das arithmetische Mittel bei S_2 und S_7 (und allen anderen Sprachen) eingetragen wird. Auf diese Weise wertet man nacheinander die Ergebnisse aus Sprachen aus, die gegenüber immer mehr anderen Sprachen verschlossen sind, bis man bei S_3 = E ankommt und zugleich bei S_8 = Ü einen neuen Wert für f_8 erhält. Die arithmetischen Mittelwerte der so sukzessive gewonnenen 8 mehr oder weniger stark streuenden Werte von f_σ (vgl. die Promillewerte in Tabelle 5) finden sich in Tabelle 6. (Aufwendigere Verfahren der Ausgleichsrechnung wären der Genauigkeit unserer Daten nicht angemessen.)

4. Prognose der Weiterentwicklung

Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine bestimmte Erkenntnis aus $\mathfrak{S}$ durch einen bestimmten W-Text von S_s gewonnen wird, sei q_s. Wir nehmen etwas vereinfachend (aber ohne Konsequenz für das Schlußergebnis!) an, es wäre $q_s = 1$, wenn alle relevanten Anteile von $\mathfrak{S}$ vom Autor ausgewertet würden. In Wahrheit gilt aber

$$(15) \qquad q_s = f_{os} + f^{-}_{ss} \cdot \frac{z_{ss}}{o_{ss}} + \sum_{\sigma \neq s} f_\sigma \frac{z_{\sigma s}}{o_{\sigma s}} \approx \frac{1}{o_{ss}} \cdot \sum_{\sigma} f_\sigma \cdot z_{\sigma s} = \frac{1}{o_{ss}} \cdot ((z_{\sigma s})) \vec{f}_\sigma = a_{ss} \left(\left(\frac{1}{W_{\sigma s}}\right)\right) \vec{f}_\sigma$$

wobei $\vec{f}_\sigma$ den Spaltenvektor der Führungsgrade bezeichnet. Sei v_σ die Zahl der pro Zeiteinheit unternommenen "Versuche", eine neue Erkenntnis zu gewinnen. Dann läßt sich für die Geschwindigkeit F_s ("Fortschritt der Erkenntnis"), mit welcher neue Erkenntnisse im Schrifttum von S_s auftauchen, der Ausdruck

$$(16) \qquad F_s = v_s \cdot \ln \frac{1}{1 - q_s} \approx v_s \cdot q_s$$

herleiten. Bei einem Anteil n_s des W-Schrifttums am Gesamtmaterial, einem mittleren Textumfang u_s zur Darstellung einer neuen Erkenntnis und der Zeiteinheit 4 Jahre wäre z.B.

$$(17) \qquad v_s = \frac{n_s V_s}{u_s}$$

Setzt man Sprachunabhängigkeit von n_s/u_s und von o_{ss} voraus, dann kann man zur Berechnung von

$$(18) \qquad f_s^* =_{Df} \frac{F_s}{\sum_\sigma F_\sigma}$$

in (16) statt v_s auch das Textvolumen einsetzen. Der Führungsgrad $f_\sigma (t + \Delta t)$ wird ein gewichteter Mittelwert aus $f_\sigma (t)$ und $f_\sigma^* (t)$ sein, woraus man das Vorzeichen der zeitlichen Änderung der f_σ ablesen kann. Durch Iteration des Verfahren kann man ferner auf das Vorzeichen der zweiten zeitlichen Ableitung schließen. Die Frage nach stabilen Führungsgraden, also $f_\sigma = f_\sigma^*$ (bei konstanten Verhältnissen zwischen den V_σ und bei konstanten $z_{\sigma s}$) führt auf ein Eigenwertproblem. -

s \ σ	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0,52	2,62	0,49	4,42	0,20	0,49	?
	93	48	242	45	408	19	45	100?
2	?	1	1,3	0,37	1,53	?	?	?
	82	167	216	62	255	42	76	100
3	?	?	1	?	?	?	?	?
	82	.152	173	51	324	42	76	100
4	?	14,7	5,55	1	?	?	?	?
	82	260	97	18	324	42	76	100
5	0,23	0,17	0,82	0,30	1	?	?	?
	71	53	254	93	310	42	76	100
6	?	0,4	4,0	?	?	1	?	?
	82	27	272	51	324	68	76	100
7	?	46,7	6,0	5,0	?	?	1	?
	82	359	46	39	324	42	8	100
8	?	?	?	?	?	?	?	1
	82	152	186	51	324	42	76	87

$f_\sigma : f_s$
Näherung für f_σ [‰]

Tabelle 5:

Berechnung der f_σ - untere Zahlen - nach (14 a,b) über die relativen Führungsgrade $f_\sigma : f_s$ - obere Zahlen - aus den Daten verschiedener Bezugssprachen S_s

σ	1	2	3	4	5	6	7	8
$a_{ss} \cdot o_{ss} = a_{ss} \cdot$ const.	372	293	489	161	216	1000	1000	?
$z_{\sigma 8}$	0,09	19,5	38,3	3,9	1,3	0,4	0,08	0,02
f_σ für 1965 (± 2)	82	152	186	51	324	42	63	98
f_σ^*	106	210	179	10	162	103	18	211

Tabelle 6: Alle Werte sind in Promille angegeben

Offen bleibt der tatsächliche Zeitbedarf für die Änderungen der f_σ bzw. für die Approximation an Eigenwerte, so daß in Bild 2 die Zeitachse n i c h t beziffert werden kann. Hier würde offenbar eine Durchführung der Untersuchung für zwei verschiedene Zeitintervalle (z.B. um 1965 und um 1970) weiterhelfen, d.h. ei-

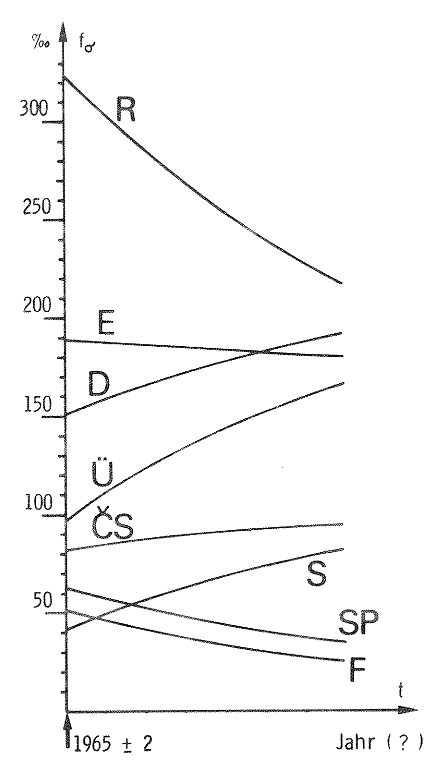


Bild 2:

Künftige Entwicklung der Führungsgrade im PI-Schrifttum bei unveränderten Lese- und Auswertungswahrscheinlichkeiten und unveränderter Jahresproduktion an wissenschaftlichem Originalschrifttum

ne pädagogikgeschichtliche Analyse neben unserer bildungsgeographischen. Da sich die Zukunftsvoraussage in unserem Modell auf beides zusammen stützen muß, verdeutlicht dieses den Zusammenhang zwischen den pädagogischen Disziplinen 3. Stufe, den wir früher (1969, S. 389) skizzierten. Übrigens wurde die dort (S. 403) gemachte Annahme $f_2 > f_3$ durch unsere gegenwärtigen (freilich nur über Größenordnungen aussagekräftigen) Berechnungen wenigstens für die Zeit um 1965 nicht bestätigt, wohl aber die Möglichkeit ihres späteren Zutreffens.

Schrifttumsverzeichnis

Frank, Helmar — Kybernetische Grundlagen der Pädagogik, Bd. 1, Agis, Baden-Baden, 2. Aufl. 1969

Pluhářova, Christine geb. Schmalor — Quantitative Relationen zwischen dem Schrifttum über Lehrobjektivierung in verschiedenen Sprachen als Beitrag zu einer kybernetischen Bildungsgeographie, (Arbeitstitel) Diplomarbeit der Pädagogischen Hochschule Berlin, 1971

Eingegangen am 14. Juli 1970

Anschrift des Verfassers:
1 Berlin 33, Altensteinstr. 39

"COLONEL GLOTTO" ODER SPRACHLICHER KONFLIKT ALS STRATEGISCHES SPIEL

von W. W. Schuhmacher, Kopenhagen

Wie an anderer Stelle skizziert (Schuhmacher, 1970), wird der sprachliche Entwicklungsprozeß von zwei sich widersprechenden Tendenzen bestimmt: (1) der Tendenz, unter dem Einfluß von Störungen vom Sollwert des vorgegebenen Sprachsystems (Führungsgröße) abzuweichen - positive Rückkopplung; (2) der Gegentendenz, den Istwert der Regelgröße (definiert als Abweichung des Systems vom stationären Wert) auf dem Wert Null zu halten - negative Rückkopplung. So tritt z. B. heute im muttersprachlichen Verhalten von Jugendlichen vieler Nationen - vor allem durch den Empfang englischer Schlager bedingt - das System der englischen Sprache als Störgröße auf, welcher es gelingt, die Regelgröße über den Stabilitätsbereich hinauszutreiben, d. h. es werden englische Wörter (als Fremd- oder Lehnwörter) in die eigene Sprache aufgenommen. Im Gegensatz hierzu steht z. B. das Isländische, da die Störgröße (in Form der englischen Sendungen der amerikanischen Nato-Base Keflavik) paralysiert wird.

Ein derartiger sprachlicher Konflikt läßt sich mit einem militärischen Konflikt vergleichen und deshalb auch in der Art des Colonel-Glotto-Spiels modellieren.

Gegeben sei eine Sprache $\underline{A}$, die mit der Sprache $\underline{B}$ in Konflikt stehen soll. Die Aufgabe für jeden Partner möge darin bestehen, aus dem eigenen Vokabular Wörter in dasjenige des Gegners eindringen zu lassen (W_1) bzw. ein derartiges Bemühen des Gegners zu vereiteln (W_2). Beide Spieler verfügen über folgende Strategien:

(1) Wörter aus dem eigenen Vokabular sollen in dasjenige des Gegners eindringen - Strategie des Gebens: G.

(2) Wörter aus dem eigenen Vokabular sollen nicht in dasjenige des Gegners eindringen - Strategie des Nicht-Gebens: $\overline{G}$.

(3) Das Eindringen von Wörtern des Gegners in das eigene Vokabular soll nicht verhindert werden - Strategie des Nehmens: N.

(4) Das Eindringen von Wörtern des Gegners in das eigene Vokabular soll verhindert werden - Strategie des Nicht-Nehmens: $\overline{N}$.

Beide Partner verfügen mithin zur Lösung der beiden Teilaufgaben $\underline{W}_1$ und $\underline{W}_2$ über die gleichen Strategien (A_i bzw. B_j):

A

	W_1	W_2
A_1	G	N
A_2	G	$\bar{N}$
A_3	$\bar{G}$	N
A_4	$\bar{G}$	$\bar{N}$

B

	W_1	W_2
B_1	G	N
B_2	G	$\bar{N}$
B_3	$\bar{G}$	N
B_4	$\bar{G}$	$\bar{N}$

Der Sieg (+ 1) sei erreicht, wenn es gelingt, eigene Wörter in das Vokabular des Gegners eindringen zu lassen, jedoch nicht umgekehrt. Indem wir die Nutzenfunktion so festgelegt haben, erhalten wir folgende Spielmatrix für A:

A \ B	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	0	-1	+1	0
A_2	+1	0	+1	0
A_3	-1	-1	0	0
A_4	0	0	0	0

Sieg (+ 1)
Unentschieden (0)
Niederlage (-1)

Wir entfernen die Strategien $\underline{A}_4$ und $\underline{B}_4$ als überflüssige Strategien, da sie stets das gleiche Resultat ergeben. Dies führt uns zur reduzierten Spielmatrix:

A \ B	B_1	B_2	B_3
A_1	0	-1	+1
A_2	+1	(0)	+1
A_3	-1	-1	0

Sie hat einen Sattelpunkt oder Gleichgewichtspunkt - jenes Element der Matrix $\| \underline{a}_{ij} \|$, welches in seiner Zeile minimal und in seiner Spalte maximal ist: das Element $\underline{a}_{22}$.

Das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Sattelpunktes kann ebenfalls bei Anwendung des Minimax-Prinzips festgestellt werden, wo man annimmt, daß auf einen bestimmten Zug des Spielers der Gegner mit dem für den Spieler un-

günstigsten Gegenzug reagiert. Wir bestimmen für unser Beispiel eines endlichen Zweipersonen-Nullsummenspiels den Maximin-Gewinn, die Maximin-Strategie, den Minimax-Gewinn und die Minimax-Strategie, indem wir obige reduzierte Spielmatrix analysieren.

A \ B	B_1	B_2	B_3	$\alpha_i = \min_j a_{ij}$
A_1	0	-1	+1	-1
A_2	+1	(0)	+1	(0)
A_3	-1	-1	0	-1
$\beta_j = \max_i a_{ij}$	+1	(0)	+1	

Maximin-Gewinn $\alpha = a_{22} = 0$

Minimax-Gewinn $\beta = a_{22} = 0$

Für den Wert des Spiels gilt: $\nu = \alpha = \beta = \underline{a}_{22} = 0.$

Die Matrix hat einen Sattelpunkt: das Element $\underline{a}_{22}$. Die Maximin-Strategie des Spielers $\underline{A}$ und die Minimax-Strategie des Spielers $\underline{B}$ sind gegeben durch $\underline{S}_{\underline{A}} = \underline{A}_2$ und $S_{\underline{B}} = \underline{B}_2$. Die Lösung dieses Spiels ist durch das Paar $(\underline{S}_{\underline{A}}\ \underline{S}_{\underline{B}}) = (\underline{A}_2\ \underline{B}_2)$ reiner optimaler Strategien definiert.

Im Falle des sprachlichen Konfliktes kann eine Änderung dieser stabilen Spielsituation (auf beiden Seiten die Strategien des Gebens und Nicht-Nehmens) u.a. beim Auftreten folgender Faktoren entstehen:

(1) Nicht jeder der beiden Spieler bleibt stets bei seiner optimalen Strategie.
(2) In vielen Fällen ist der Wert des Spiels von Null verschieden, d.h., einer der beiden Spieler ist von vornherein überlegen.
(3) Die Nutzenfunktion mag geändert werden.

Schrifttumsverzeichnis

Schuhmacher, W.W. — Versuch einer Modellierung des sprachlichen Entwicklungsprozesses, GrKG 11/1, S. 31-32, 70

Eingegangen am 12. Mai 1970

Anschrift des Verfassers:
Amanuensis W.W. Schuhmacher, DK - 3500 Vaerlöse, Klostergaardsvej 18

XVII. Internationaler Kongreß für Angewandte Psychologie

Ort und Zeit: Lüttich (Liège), Belgien, 25. - 30. Juli 1971
Organisation: "International Association of Applied Psychology" (IAAP). Jubiläumskongreß: 1920 - 1971.
Hauptthema: "Perspektiven für die Zukunft nach einem halben Jahrhundert Angewandter Psychologie"
Wissenschaftliches Programm: 20 Symposien, 12 Kolloquien, 34 Seminare, über alle Gebiete der Angewandten Psychologie (unter anderem Arbeits- und Betriebspsychologie, Klinische Psychologie, Sozialpsychologie, Pädagogische Psychologie usw.)
Freie Vorträge: In begrenzter Anzahl, anzumelden beim Sekretariat (Anschrift siehe unten)
Offizielle Kongreß-Sprachen: Englisch, Deutsch, Französisch (Simultanübersetzung)
Ausstellung: Eine wichtige Ausstellung von psychologischen Büchern, Tests und Apparaten wird durch verschiedene europäische und amerikanische Firmen organisiert werden.
Teilnehmergebühren:

Mitglieder der IAAP	36 US $
Nichtmitglieder	46 US $
Begleitpersonen	24 US $

(bei Bezahlung nach dem 31. März 1971 Gebührenerhöhung)
Vorläufiges Kongreß-Programm: wird kostenlos ohne Verpflichtung auf Anforderung (mit Adressenangabe) durch das Sekretariat zugeschickt.
Anmerkung: Vor 1976 wird in Europa kein weiterer internationaler Kongreß für (Allgemeine oder Angewandte) Psychologie stattfinden, wie der für IUPS und IAAP aufgestellte Kalender zeigt.

Kongreß-Sekretariat: Institut für Psychologie, Universität Lüttich, 4000 - Liège, Boulevard Piercot, 36, Belgien

Richtlinien für die Manuskriptabfassung.

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.
Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten bei nicht in deutscher Sprache verfaßten Manuskripten eine deutsche Zusammenfassung anzufügen und wenn möglich, zur Vermeidung von Druckfehlern, das Manuskript in Proportionalschrift mit Randausgleich als fertige Photodruckvorlage einzusenden.
Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317–324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit kann angeführt werden). Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a", „b" etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a" etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden.

Forme des manuscrits.

Pour accélérer la publication les auteurs sont priés, de bien vouloir envoyer les manuscrits en deux exemplaires. Des figures (à l'encre de chine) et des photos, un exemplaire suffit.
En général les manuscrits qui fourniraient plus de 12 pages imprimées ne peuvent être acceptés. Les manuscrits non demandés ne deuvent être rendus que si les frais de retour sont joints. Si les manuscrits ne sont pas écrits en allemand, les auteurs sont priés de bien vouloir ajouter un résumé en allemand et, si possible, pour éviter des fautes d'impression, de fournir le manuscript comme original de l'impression phototechnique, c'est-à-dire tapé avec une machine aux caractères standard et avec marges étroites.
La littérature utilisée doit être citée à la fin de l'article par ordre alphabétique; plusieurs oeuvres du même auteur peuvent être enumérées par ordre chronologique. Le prénom de chaque auteur doît être ajouté, au moins en abrégé. Indiquez le titre, le lieu et l'année de publication, et, si possible, l'éditeur des livres, ou, en cas d'articles de revue, le nom de la révue, le tome, les pages (p.ex. p. 317–324) et l'année, suivant cet ordre; le titre des travaux parus dans de revues peut être mentionné. Les travaux d'un auteur parus la même année sont distingués par «a», «b» etc. Dans le texte on cite le nom de l'auteur, suivi de l'année de l'édition (éventuellement complèté par «a» etc.), mais non pas, en général, le titre de l'ouvrage; si c'est utile on peut ajouter la page ou le paragraphe. Evitez les remarques en bas de pages.

Form of Manuscript.

To speed up publication please send two copies of your paper. From photographs and figures (in indian ink) only one copy is required.
Papers which would cover more than 12 printed pages can normally not be accepted. Manuscripts which have not been asked for by the editor, are only returned if postage is enclosed.
If manuscripts are not written in German, a German summary is requested. If possible these manuscripts should be written as original for phototechnical printing, i. e. typed with proportional types and with straight-line margin.
Papers cited should appear in the Bibliography at the end of the paper in alphabetical order by author, several papers of the same author in chronological order. Give at least the initials of the authors. For books give also the title, the place and year of publication, and, if possible, the publishers. For papers published in periodicals give at least the title of the periodical in the standard international abbreviation, the volume, the pages (e.g. p. 317–324) and the year of publication. (It is useful to add the title of the publication.) When more than one paper of the same author and the same year of publication is cited, the papers are distinguished by a small letter following the year, such as "a", "b" etc. References should be cited in the text by the author's name and the year of publication (if necessary followed by "a" etc.), but generally not with the full title of the paper. It might be useful to mark also the page or paragraphe referred to.